

SOMMAIRE

page

Introduction	1
I. Importance de l'étude de stress	2
II. Classification des mécanismes de tolérance aux contraintes	2
III. L'influence de stress de l'environnement sur la physiologie des plantes	3
1. Altération de la croissance	3
2. Perturbation du cycle reproductif	3
3. Chlorose	3
4. Nécrose	4
IV. Les principaux types de stress et les réponses physiologiques des plantes vis-à-vis les différents stress	5
1. Les facteurs physiques	5
La température	5
Température élevée	5
Température basse	7
La précipitation	8
1.3. Gel	10
Variation de la résistance au gel selon les végétaux	11
Protection contre le gel	11
Les méthodes indirectes (passives)	11
Les méthodes directes	12
1.4. Le vent	13
2. Influence du stress hydrique	14
La sécheresse	16
Excès d'eau	17
3. Les facteurs radiatifs	18
Rôle de la lumière	18
Action sur la croissance	18
Caractère de lumière et leur influence	19
L'intensité lumineuse	19
La qualité de la lumière	20
La périodicité de la lumière	20
4. Les facteurs édaphiques et tropiques	21
Les caractéristiques physiques du sol	21
Structure du sol	21
Textures du sol	22
Les types les plus communs du sol	22
Les textures des sols et leurs propriétés	23
Le pH	23

Les caractéristiques chimiques du sol	24
Les éléments nutritifs essentiels pour les plantes.....	25
Les éléments majeurs ou macro-éléments.....	25
Les oligo-éléments	32
La salinité du sol.....	37
Les types de salinité	38
Sensibilité des végétaux	38
Les perturbations physiologiques.....	39
Lutte contre la salinisation des sols.....	39
5. Autres facteurs.....	40
Références bibliographiques	41

Introduction

Les facteurs les plus limitant pour le monde agricole sont les contraintes environnementales. En plus, on trouve des agents pathogènes qui jouent rôle d'un obstacle à l'amélioration de la productivité agricole. Dans de nombreux cas, les deux facteurs biotiques et abiotiques contribuent sur le rendement. Mais la majorité des végétaux sauvages ont été sélectionnées sur la base de la concurrence et de leur performance dans certaines conditions environnementales.

C'est quoi le stress ? Il est plus difficile à définir en termes biologiques ou en terme physique, il se définit comme l'action mécanique (pression) d'un objet sur un autre. Il y'a des degrés de stress et non un seul stress. Les stress peuvent être d'ordre thermique (gel, hautes températures). Hydrique (déficit en eau ou excès en eau). Minérale (excès ou déficit de sel ex : NaCl, Al, Fe, A, B, K, Mg). Physique (luminosité et radiation). Climat (pollution des sources diverses, O₃, CO₂...) et biotique (maladie et compétition pour les ressources telles que la lumière, l'eau, et les éléments minéraux). Les stress constituent un obstacle à l'amélioration du rendement et parfois tout simplement à la survie de la plante cultivée un milieu donné. Il devient donc nécessaire de comprendre comment agissent les stress pour pouvoir réduire leurs effets sur la plante et à la limite rendre cette dernière plus tolérante vis-à-vis des stress présent.




I. Importance de l'étude de stress


Le stress représente une force exercée sur une surface dont la mesure correspond à la mesure de déformation de matériaux soumis au stress. Il correspond aux variations environnementales susceptibles d'être défavorable correspond aux variations physiologiques et biochimiques, la contrainte provoque le stress la croissance et la production. En agronomie ; le stress est l'existence des facteurs biotiques et abiotiques important sur le rendement et la qualité de la reproduction. Pour cela, l'importance de l'étude de stress est de :

- Identifier la nature et l'intensité des facteurs de stress.
- Relier la présence des espèces dans tel ou tel milieu à des mécanismes de tolérance ou de résistance.
- Les stress et la distribution géographique des espèces.
- L'absence totale de stress (condition permettant une croissance idéale sont presque rares (sauf sous condition contrôlés).
- La résistance ou tolérance ; de point de vue agronomique va se mesurer par l'impact du stress sur le rendement (graine, partie végétatives dépendant des cultures).
- La plante réussie à survivre et à se reproduire, tel exploit sont groupé sous deux stratégies différentes l'esquive et la tolérance.
- Esquive la plante est protégée extrêmement des effets du stress.
- Tolérance : la plante suit au stress qui subit ses tissus.
- Sensibilité ; décrit les effets du stress qui arrive à causer des dégâts de la plante stressée.


II. Classification des mécanismes de tolérance aux contraintes


Levitt a défini les mécanismes de tolérance :


- Mécanisme qui permet à une plante à éviter le stress  échappement
- Mécanisme qui permet de tolérance de stress ;
-  Des mécanismes qui permettent l'évitement
-  Des mécanismes qui permettent la tolérance.

Résistance à l'ergot de seigle chez le blé, lié à une l'ouverture de l'épillet  impossibilité physique pour les spores de provoquer la contamination.

Stratégie des éphémérophytes (quelques jours) germination est déclenchée par épisodes pluvieux courts et irréguliers.

Pour se reproduire c'est tout un combat que la plante donc mener et pour bien produire  intervention de l'agriculteur est nécessaire pour éviter cette contrainte.

 La réponse de la plante aux stress de la sensibilité à la tolérance.

 L'interaction entre la plante et son environnement et la réponse spatiale des espèces sont importantes pour l'identification de nos ressources génétiques résistances aux stress.

Facteurs influençant le stress

- ✓ La radiation solaire
- ✓ La composition de l'atmosphère
- ✓ La nature des sols
- ✓ La qualité de l'eau
- ✓ La température, le vent,....

III. L'influence de stress de l'environnement sur la physiologie des plantes

1. Altération de la croissance

La réponse la plus fréquente d'une plante soumise à une situation environnementale défavorable, consiste en une réduction de croissance et en altération de la morphogénèse. Les conditions défavorables de l'environnement ou la substance toxique peuvent également entrainer des phénomènes hyperplasie, des anomalies de la morphogénèse notamment des déformations foliaires sont aussi observées suite à l'action du froid.

2. Perturbation du cycle reproductif

La floraison et le développement des fruits fécondation sont largement influencés par les facteurs physiques de l'environnement ; le plus importants de ces facteurs est la photopériode qui contrôle spécifiquement pour chaque espèce. Certains arbres fruitiers doivent subir une période spécifique à basse température pour les bourgeons floraux se forment normalement, le chute prématurée des fleurs non fertilisées et des fruits.

3. Chlorose

La décoloration des parties vertes de la feuilles représente une réponse fréquente aux conditions d'environnement défavorables, le limbe foliaire devient vert pâle. Parfois une chlorose marginale se forme dans la partie apicale de la feuille.



Figure : Symptôme de chlorose sur la feuille

4. Nécrose

Des nécrose résultent de la mort des cellules, elles peuvent être induites par divers stress de l'environnement dont l'intensité dépasse le niveau de tolérance de la plante, et que induisent de réactions irréversibles. La sensibilité envers les stress varie selon les organites cellulaires, les enzymes, les cellules, les tissus. La coloration de surface nécrosée varie du jaune pâle au brun foncé en fonction de la formation de composés phénologiques. Cette production dépend du type, de cellule atteint, de la rapidité d'action de stress et des conditions qui ont entraîné la mort cellulaire.



Figure : Symptôme de nécrose sur la feuille

IV. Les principaux types de stress et les réponses physiologiques des plantes vis-à-vis les différents stress

1. Les facteurs physiques

La température

Le stress thermique chez les végétaux est l'ensemble des modifications de la physiologie des végétaux lorsque la température s'élève ou s'abaisse au-delà des conditions habituelles. Il diffère selon les espèces et la forme et ampleur du changement de température. En condition naturelles, l'influence de la température est difficile à différencier de celle de la lumière plus la chaleur est élevée, plus l'absorption est importante en effet en favorisant l'activité métabolique, la température accélère les échanges gazeux et par conséquent les effets toxiques sont accentués, et elle reprise d'activité et la pénétration des champignons et des parasites. Il est important de connaître les valeurs de température extrêmes les plus basses et les plus élevées et leurs répartitions dans les temps, la durée favorable à la végétation.

Température élevée

Les plantes réagissent aux variations de température en ajustant immédiatement leur activité aux nouvelles conditions. La majorité des végétaux craignent les hautes températures même pendant des laps de temps courts. Une température de l'air entre 45 et 55°C pendant une demi-heure abîme directement les feuilles des plantes dans la plupart des cas. Pour cela, on trouve plusieurs effets des hautes températures sur les fonctionnements physiologiques tels que :

La photosynthèse

La température affecte à court et à long terme la photosynthèse. Durant les stades végétatifs des plantes, les températures élevées peuvent endommager les composants de l'appareil photosynthétique de feuilles, en réduisant ainsi les taux d'assimilation d'anhydride carbonique. Les fortes températures accélèrent le dessèchement des feuilles, et interviennent aussi spécifiquement sur la physiologie, notamment en inhibant la photosynthèse puis en dégradant les pigments, en particulier les chlorophylles. Un stress thermique, montrent que la haute température a réduit la concentration en chlorophylle des deux génotypes, ainsi la synthèse de chlorophylle totale (a et b) est inhibée de 70% environ chez des plantules.

§ Fermeture des stomates, d'où une réduction de la photosynthèse

Une diminution de l'intensité de l'évapotranspiration s'accompagnant d'une baisse du flux xylémique (nécrose foliaire)

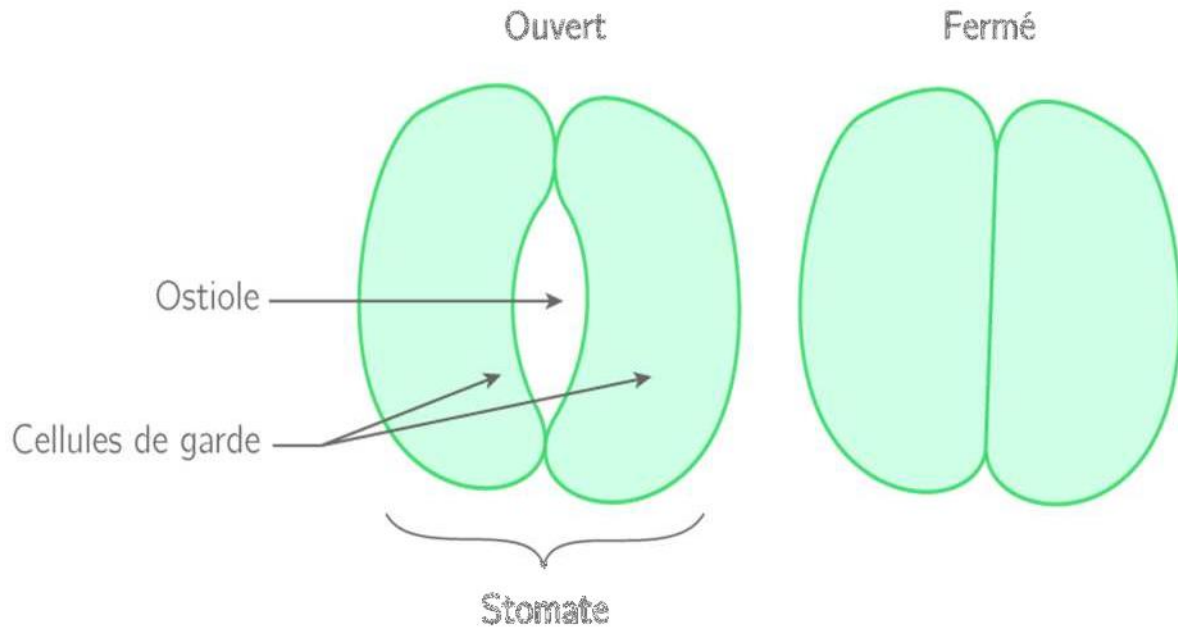


Figure : Fermeture des stomates des feuilles

§ Les membranes

Les parois et les membranes de l'organite cellulaire jouent un rôle vital dans le fonctionnement des cellules, les hautes températures peuvent endommager ces membranes (la membrane nucléaire, la membrane de réticulum endoplasmique, de la mitochondrie et du chloroplaste). la fluidité des membranes augmente aux fortes températures, ce qui peut susciter de problèmes de perméabilité et modifier les fonctions catalytiques de protéines membranaires.

§ Respiration

L'augmentation de la respiration végétale en situation de hautes températures.

§ Altération de la stabilité des composants cellulaires

La dénaturation des protéines et des enzymes affecte la vitesse des réactions biochimiques, l'intégrité des parois végétales et endommage les structures et le fonctionnement cellulaire

§ Inhibition de la germination

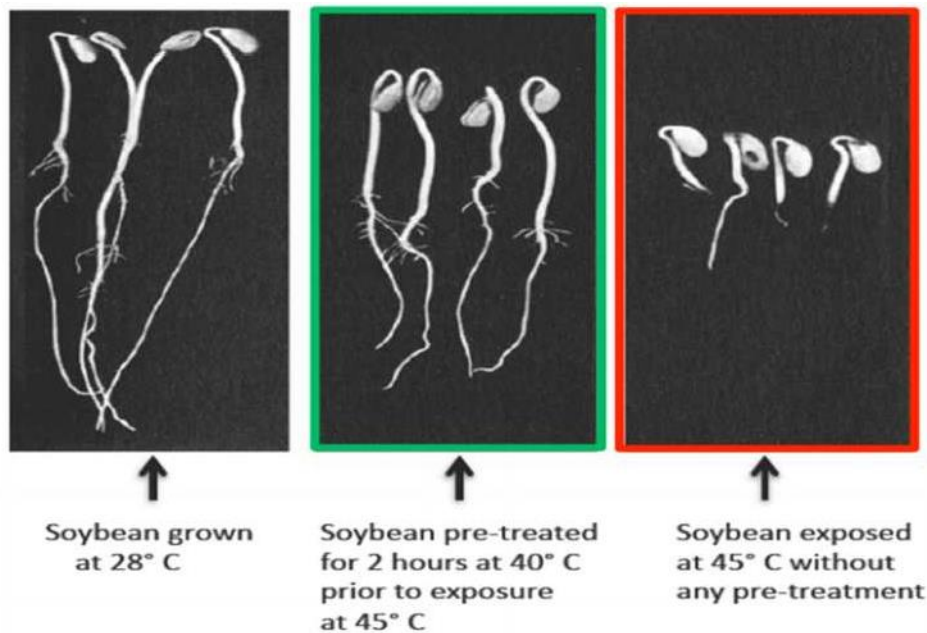


Figure : Effet de température sur la germination des graines

Température basse

Quand les plantes sont soumises à des températures sub-optimales entre 10 et 20°C, la croissance et le développement se ralentissent ç des températures dites froides entre 0 et 10°C des dommages tissulaires et cellulaires apparaissent à des températures négatives, les parties aériennes meurent. Un abaissement de températures provoque une rigidification générale des phases lipidiques membranaires. Evoquer la sensibilité ou fragilité des protéines, c'est faire appel aux modifications d'activité des enzymes, mais aussi de la conformation des protéines du cytoplasme.

☞ Effet sur la photosynthèse

Un abaissement de la température agit sur la capacité de transfert d'électrons des membranes photosynthétiques et sur l'activité des enzymes clés qui intervient sur le métabolisme carboné. Le rendement quantique de l'incorporation de CO₂ varie selon les espèces et selon la température. Le froid peut causer des dégâts au niveau des membranes de thyoïdes en provoquant une inhibition de la synthèse des chlorophylles et une dégradation des pigments photorécepteurs

☞ Effet sur la respiration

L'abaissement de la température provoque une diminution régulière de l'intensité respiratoire ; l'effet sur la respiration globale des tissus n'est en fait qu'une traduction de l'effet de la température au niveau des processus plus élémentaires. La capacité d'un tissu végétal à oxyder un substrat du cycle de Krebs est très sensible à la température, la réduction

de la vitesse du transport de ces électrons à nécessairement des répercussions au niveau de la synthèse d'ATP et de la fourniture d'énergie aux tissus.

☞ Entraînent la floraison de glace dans les espaces intercellulaires.

☞ La mort des tissus peut s'ensuivre. Si le gel est très intense, l'eau gèle à l'intérieur des cellules.

☞ Effet sur le transport

Toutes les parties des végétaux présentent un degré de sensibilité supplémentaire à l'égard des basses températures. En effet, le fonctionnement de chacune des parties de la plante dépend des échanges entre les différents organes constitutifs du végétal, et en particulier de l'apport de substances nutritives provenant soit des racines (alimentation minérale), soit des feuilles (alimentation carbonée). Les mouvements de solutions qui se déroulent dans les tissus spécialisés ou le long d'organes spécialisés sont profondément affectés par l'abaissement de la température.

La précipitation

En distingue plusieurs types (Pluie, neige, grêle)

- a. **La Pluie** : est une précipitation de particules d'eau liquide soit de gouttes de diamètre supérieur à 0.5 mm, soit de gouttes plus petites et dispersées. Lorsque la pluie se trouve à l'état de surfusion, elle se congèle au moment de l'impact sur le sol ou sur les plantes.
- b. **Neige** : la neige présente en revanche un inconvénient de taille. Lorsqu'elle s'accumule et se charge d'eau, elle est à même de briser les branches de certains végétaux. Si vous pensez qu'un risque existe, notamment sur les jeunes sujets, n'hésitez pas à secouer les rameaux pour faire tomber l'excédent, avant que la neige ne gèle et soit maintenue par le froid. La neige qui s'accumule sur les persistants à larges feuilles, Elle risque d'occasionner des brûlures sur les feuilles.

- **Protection contre la neige**

Les techniques utilisées pour lutter contre les froids varient selon l'emplacement des plantes :

- ✓ **les plantes en pot** en cuvette, sur terrasse : on préférera les préserver du vent et de l'humidité en les regroupant dans un abri, par exemple dans un tunnel ou une serre non chauffée.
- ✓ **Les plantes en pleine terre** ont beaucoup plus faciles à survivre à l'hiver et sont moins sujettes aux gelées. Toutefois, pour certaines espèces, il est nécessaire de les

protéger en couvrant leur base d'un paillage ou d'une litière de feuilles. Pour cela, il suffit de disposer un lit de feuilles, aiguilles de pin, pailles ou encore des chaumes de graminées sur vos plantes fragiles. Cette couche superficielle leur apportera une protection supplémentaire afin de lutter contre le froid.

- ✓ **les plantes potagères et les légumes:** La même méthode est utilisée pour protéger les plantes potagères et les légumes. Vous pouvez également les recouvrir d'un voile d'hiver ou les stocker sous des mini tunnels, ce qui vous fera gagner quelques précieux degrés par rapport à l'extérieur.
- ✓ **Les plantes méditerranéennes:** de plus en plus appréciées dans les jardins, ne supportent pas les gelées. Il est donc conseillé de les placer en serre légèrement chauffée ou dans une véranda à l'abri du gel et du vent, la température ne peut descendre, en moyenne, sous 4-5°C. Lorsque la neige s'accumule sur les haies, les conifères isolés ou les arbustes à feuillage persistant, certaines branches peuvent casser avec son poids, secouez les plantes afin de les débarrasser de la neige.

c. La grêle

La grêle est un type de précipitation constituée de particules de glace appelées grêlons.

Les grêlons peuvent être : transparents ou opaques, de forme sphérique, conique ou irrégulière et de diamètre variable (leur taille peut aller de 5 millimètres à 5 centimètres voire plus).

- **Effet de grêle :**

- Égrenage et coupure d'épis : d'autant plus importants que la culture est précoce.
- Tiges pliées qui limiteront la fin du remplissage (donc plus ou moins selon la précocité de la variété et la date de semis).
- Dégâts sur les feuilles
- Effet sur la qualité des grains et fruits.
- Le comptage de la perte de grains et d'épis qui résulte la réduction des rendements



Figure : Effet de grêle sur les plantes

Gel

C'est une formation et cristallisation de l'eau en glace, peut avoir des effets néfastes indirects en réduisant l'absorption d'eau par les racines ; les plantes meurent alors de « déshydratation » avant de mourir de « froid ». Il a aussi des effets directs dus à la formation de cristaux de glace dans les tissus à l'origine de la mort des lots cellulaires (taches brunes), la nécrose de bourgeons végétatifs ou floraux, la perforation des feuilles (pêcher, prunier) ou leur déformation (pommier), l'éclatement des tiges ou le décollement de l'épiderme des feuilles. Les arbres fruitiers, par exemple, sont très sensibles au gel au moment de la floraison, l'ovaire noircit et la fleur tombe. Toutefois, les cristaux de glace ne sont dangereux que s'ils se forment dans les cellules, leur formation intracellulaire ou extracellulaire dépend de la vitesse de refroidissement. Lors d'un refroidissement lent (quelques degrés par heure), la glace se forme à l'extérieur des cellules, dans les espaces intercellulaires et est à l'origine de la sortie d'eau des cellules ; ce phénomène permet une augmentation de la concentration des solutés dans la cellule et donc de sa pression osmotique, ce qui abaisse le point de congélation et évite la formation de la glace intracellulaire. Au contraire, si l'abaissement de la température est rapide, les cristaux de glace se forment dans les cellules entraînant leur mort.

Variation de la résistance au gel selon les végétaux

- ✓ **Plantes sensibles au gel** : elles ne résistent pas à la formation de glaces dans leurs tissus et sont incapables de s'endurcir, peuvent résister au gelées de moyenne importance.

- ✓ **Plantes moyennement résistantes au gel** : ces végétaux supportent la formation de glace dans leurs tissus.
- ✓ **Plantes très résistantes au gel** : il se forme de façon générale des cristaux de glace dans l'apoplasme (et non dans le cytoplasme), à proximité ou même au contact des parois cellulaires. C'est le cas des céréales d'hiver, des choux de la grande fêtuque qui peuvent survivre à des températures de -25°C.

Protection contre le gel 1.3.2.1. Les méthodes indirectes (passives)

Les méthodes indirectes que l'on applique bien avant que le danger de gel soit imminent sont probablement les plus économiques et les plus efficaces.

✓ **Le choix du terrain**

Pour cultiver une espèce qui craint le gel, on doit choisir un terrain situé dans un endroit bénéficiant d'une période sans gel suffisamment longue. En implantant des brise-vent protecteurs aux bons endroits, on peut créer une zone bénéficiant d'un microclimat favorable à la maturité hâtive des cultures aimant la chaleur, et donc réduire le risque de dommages par le gel à l'automne. Les producteurs devraient connaître le risque de gel de printemps et d'automne dans leur région ainsi que les variations auxquelles ils doivent s'attendre chez eux. En général, il vaut mieux se faire aider par un agrométéorologue ou un agroclimatologue d'expérience lorsqu'on doit relever et interpréter des données sur la température.

✓ **Le déboisement**

Dans les terrains en pente, l'éclaircissage des haies ou des espaces boisés contribue parfois à réduire le risque de gel en facilitant l'écoulement de l'air froid vers le bas. Il est préférable de se renseigner auprès d'un professionnel avant d'éclaircir, car il arrive que cela accroisse le risque de gel en contrebas des espaces boisés ou de la haie.

✓ **Les pratiques culturales**

Choisir les espèces et les variétés de cultures qui auront le temps de mûrir à l'intérieur des limites de la période sans gel.

✓ **Les pratiques agronomiques**

L'état du sol influe sur le risque de dégâts causés par le gel sur les organes tant aériens que souterrains des plantes. Il est donc conseillé de ne pas travailler le sol lorsque les bulletins

météorologiques annoncent une gelée meurtrière, si les organes des plantes situés près du sol ont besoin de protection.

1.3.2.2. Les méthodes directes

La protection directe ou active est celle que l'on déploie juste avant et pendant la période de gel quand un avis de gel a été diffusé.

✓ Le recouvrement des cultures

Cette méthode réduit la perte de chaleur de la surface du sol. Pour cela, les jardiniers amateurs et les maraîchers cultivant des espèces basses sur de petites surfaces peuvent utiliser des matériaux comme la paille, des boîtes, du papier goudronné, du plastique, etc.

✓ La formation de fumée ou de brouillard

Les nuages et le brouillard sont bien connus pour leur faculté à limiter la perte de chaleur du sol par rayonnement.

✓ Le brassage de l'air

Pendant les gelées qui se produisent par nuits claires et calmes, la couche d'air située près du sol est plus froide que celle qui est au-dessus. C'est le phénomène de l'inversion de température. On utilise quelquefois des souffleuses à air chaud ou des hélicoptères pour brasser l'air et remplacer la couche d'air froid qui est au contact de la culture par la couche d'air plus chaud qui se trouve plus haut

✓ L'aspersion d'eau

La vaporisation d'eau, à raison d'un très faible débit, peut empêcher les dégâts du gel grâce à la chaleur libérée par les gouttelettes en refroidissant et en gelant.

✓ Irrigation goutte à goutte

✓ Le chauffage*

Cette méthode vise à réchauffer suffisamment la couche d'air qui est au contact de la culture, par un apport de chaleur radiative, pour maintenir la

température au-dessus du point de congélation.